

DOKTORI (PH.D.) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

Digitális domborzatmodellek és alkalmazási lehetőségeik
az árvízi kockázatkezelésben

Bódis Katalin

Témavezető:
Prof. Dr. Mezősi Gábor
tanszékvezető egyetemi tanár

Földtudományok Doktori Iskola
Szegedi Tudományegyetem
Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék

2008

1. Bevezetés

A digitális domborzatmodellek hidrológiai szempontú alkalmazásainak vizsgálata és bemutatása rendkívül aktualitás napjainkban, amikor számos nemzeti és nemzetközi projekt tűzi ki céljául az egyre gyakrabban és egyre szokatlanabb mértékben előforduló, hidrológiai folyamatokra visszavezethető jelenségek modellezését, előrejelzését, az általuk okozott károk csökkentését, helyes beavatkozással esetleg az okok megszüntetését vagy hatásuk mérséklését.

A domborzatnak, mint a táj egyik legmeghatározóbb elemének (Mezősi és Bódis 1999) modellezése alapvető fontosságúvá vált a környezeti kutatásokban (Moore et al. 1991; Goodchild et al. (szerk.) 1996; Burrough és McDonnell 1998; Longley et al. (szerk.) 1999, Wilson és Gallant (szerk.) 2000; Tóth et al. 2004; Hengl és Reuter (szerk.) 2007; Maune (szerk.) 2007; Peckham és Jordan (szerk.) 2007). A hidrológiai-jellegű problémák (szélsőségek, árvizek, aszályosodás, vízkészletek-vízgazdálkodás, talajerózió, éghajlatváltozás környezeti hatásai) felszaporodásával egyidejűleg a matematikai modellezés, az informatika – a digitális (tér-)adatfeldolgozás és elemzés, a geoinformatika, a távérzékelés, hardver és szoftver – fejlődése és elterjedése olyan új távlatokat nyitott a hidrológiai modellezés előtt is (Beven és Moore (szerk.) 1995; Bates és Lane (szerk.) 2000; Grayson és Blöschl (szerk.) 2000; Beven 2001), amely lehetővé tette a hidrológiai folyamatok részleteiben való vizsgálatát, megteremtve ezzel az osztott paraméterű modellezés lehetőségét. Az osztott paraméterű modellezés alapelve, hogy a tér apró részleteiben (cellák, grid) írják le és elemzik a részfolyamatokat, amelyeknek egyik legfontosabb eleme a domborzat és annak deriváltjai. Ennek megfelelően a cella alapú digitális domborzatmodellek előállítására és elemzése, a digitális domborzati adatokból származó, modellszámításokon alapuló további adatok feldolgozása és a hidrológiai modellekben való alkalmazása számos külföldi és hazai kutatás célja, ugyanakkor a téma magyar nyelvű publicitása meglehetősen szűkös.

2. Célok

Munkám célja kettős; a domborzatmodellek és domborzatmodellezési feladatok általános, de a hazai szakirodalomban fellelhetőnél részletesebb, átfogóbb, leírását megadni, valamint a domborzatmodellek és a belőlük geoinformatikai műveletekkel származtatható további, térbeli információknak az árvízi védekezésre irányuló, a tervezést segítő, az operatív munkát előkészítő, és így az árvízi kockázati managementben nélkülözhetetlen, döntéstámogató hidrológiai modellezésben való alkalmazhatóságának és szerepének bemutatása.

A tanulmányok során céloim volt összegezni és rendszerezni a vonatkozó referencia-irodalom ismereteit, kiegészítve őket az adat-előállítástól a teljes feldolgozási folyamat minden fázisára kiterjedő, saját gyakorlati tapasztalataimmal. Kutatási eredményeimet három, a Tisza vízgyűjtőjén végzett esettanulmányon keresztül mutatom be hazai vonatkozásokkal, melyek során a domborzatmodellek felhasználását és így, az alkalmazott geoinformatika döntés-előkészítő szerepét ismertetem az árvízi védekezést célzó tervezési feladatokban (tározók feltöltése, elöntések), valamint az új védelmi létesítmények hatáselemzésére irányuló numerikus hidrológiai modellezésben és hidraulikai vizsgálatok eredményeiben (tározók árvízcsökkentő hatásának optimalizálása, árvízi kockázati térképezés). Kutatási tapasztalataim gyakorlati alkalmazásaként a domborzatmodellekből származtatható információk, mint az osztott paraméterű hidrológiai modellekben felhasznált statikus geoinformatikai rétegek – egy kontinentális léptékű hidrológiai modell elvárásainak megfelelő szempontú – előállítási lépéseit és eredményét is ismertetem.

Doktori értekezésem céljai között szerepel a kidolgozott és ismertett korszerű módszertan – összekapcsolva a hidrológiai-hidraulikai modellezés eredményeit, a földrajzi-topográfiai adottságokat és gazdasági-társadalmi jellemzőket – elméleti megalapozásának és gyakorlati alkalmazhatóságának bemutatása, amellyel hasznos eszközként szolgálhat akár a nemzeti, akár regionális, vízgyűjtőalapú vagy a kontinentális léptékű előzetes árvízi kockázatbecslésben, az árvízi veszélytérképek és árvízi kockázati térképek, és így az árvízi kockázatkezelési tervek elkészítésében és nyilvánosságá hozásában.

3. Alkalmazott módszerek

A kutatási célok megvalósításának alapvető eszköze a digitális domborzatmodell, melynek fogalmát sokan és sokféleképpen definiálták; egyszerű megfogalmazásban a digitális domborzatmodell „a felszín térbeli változásait írja le digitális formában” (Burrough 1986; Moore et al. 1991), vagy még tömörebben „a felszín bármilyen digitális reprezentációja” (Goodchild és Kemp (szerk.) 1990). Az egyik legáltalánosabban elterjedt fogalomhasználat alapján digitális domborzatmodellnek (Digital Elevation Model, DEM) nevezzük azokat a rendszereket, amelyek a földfelület magassági viszonyait modellezzik, a természetes vagy mesterséges tereptárgyak nélkül (pl. Burrough 1986; Kertész 1991; Hutchinson és Gallant 1999; Jordán 2007). Ha ez a modell kiegészül a különböző felszíni objektumokkal (növényzet, építmények) és azok magassági jellemzőit is tartalmazza, akkor az előzőtől megkülönböztetően digitális terepmodellekről (Digital Terrain Model, DTM) szoktunk beszélni.

4. Eredmények

Az értekezés a digitális domborzatmodell fogalmának és a szakirodalomban elterjedt, különböző elnevezéseinek, továbbá gyakran az alkalmazásoktól függő, eltérő tartalmi jellegének összefoglalását követően ismerteti a domborzatmodellek előállítási- vagy elérhetőségi módozatait – beleértve a nyilvános elérésű, globális forrásokat is –, valamint minőségi jellemzőikről ad tájékoztatást. Az értekezés összefoglalja a domborzatmodelleken leggyakrabban elvégzendő és elvégezhető azon geoinformatikai műveleteket, amelyeket gyakorlatilag bármely további, földrajzi probléma vizsgálatának során el kell végeznie a kutatónak. Ilyen előkészítés a modellt a földrajzi térbe (koordináta-rendszerbe) helyező és megfelelően kiválasztott geometriai transzformáció (Bódis 1999), de a legtöbb alkalmazás a domborzatmodellből kinyerhető, a felszínre vonatkozó geometriai paraméterek (lejtőszög, lejtő kitettség, gyülekezési hálózat, stb.) kiszámítását is igényli.

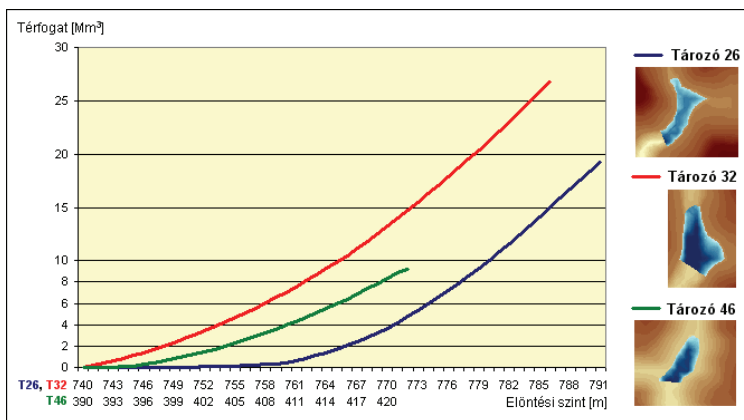
A különböző forrású és típusú domborzatmodellek leírása során a technikai részleteken túl az egyes tulajdonságok előnyeit, hátrányait is igyekeztem bemutatni, figyelembe véve a lehetséges, későbbi környezeti-hidrológiai alkalmazásoknak, modellezési feladatoknak a domborzatmodell jellemzőivel szemben támasztott igényeit. A szemléltető geoinformatikai műveleteket a Velencei-hegység topográfiai térképeinek magassági adatai alapján előállított (digitalizálás, transzformáció, interpoláció) digitális domborzatmodellen végeztem és a példákban ezek eredményét mutatom be szemléltetésként (Bódis 1999, Bódis és Csuták 2001).

Egy-egy adott modellezési feladat eltérő előkészítési, domborzatmodellezési és elemzési módszereket igényel. Az értekezésben különböző adatforrásokat felhasználva négy tanulmány kutatási eredményeit ismertetem, részletezve az adott feladatra kidolgozott domborzatmodellezési és elemzési módszereket, az elvégzett lépéseket, a részeredményeket, valamint azok alkalmazását és a továbblépés lehetőségeit.

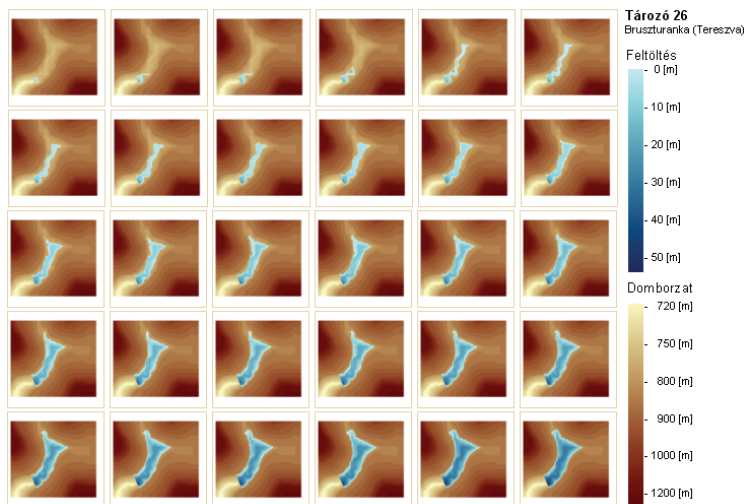
4.1 Domborzatmodellből levezetett adatok felhasználása tározók árvízcsökkentő hatásának optimalizálásában

a) A Tisza vízgyűjtőjén tervezett kárpát-ukrajnai árvízcsökkentő tározók esetén (42 új létesítmény, kb. 300 millió m³ ösztérfogattal) domborzatmodell és az abból származtatott lefolyáshálózat segítségével elkészítettem a tervezett tározóknak egy olyan geoinformatikai rendszerét, amely alkalmas további hidrológiai modellezési-, tervezési- és döntéshozatali feladatok megoldásához szükséges adatokat szolgáltatni (Szabó, Bódis, Tóth, Jakus 2008).

b) A tanulmány során ismertetett domborzatmodellezési műveletekkel meghatároztam a leendő tározók olyan paramétereit (pl. tározási görbék, 1. ábra, feltöltési fázisok 2. ábra), amelyek a tervezési dokumentumokban nem szerepeltek, a tározók létesítésének árvízcsökkentő hatását elemző hidrológiai modellezés számára viszont nélkülözhetetlen (Szabó, Bódis, Tóth, Jakus 2008).

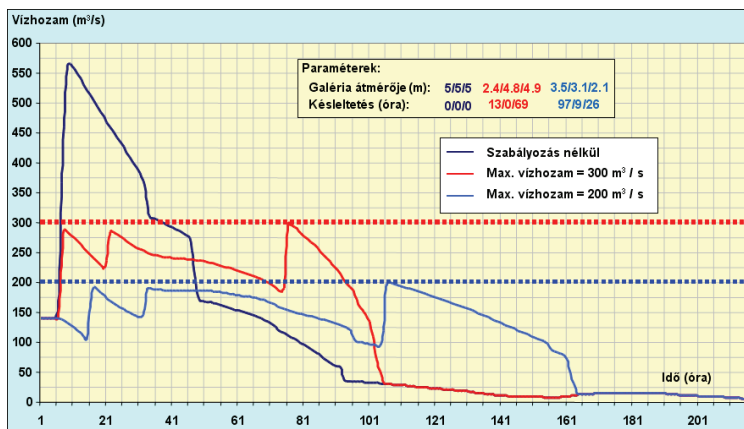


1. ábra Három tervezett árvízcsökkentő tározó származtatott tározási görbéje



2. ábra A 26-os számú tározó feltöltési fázisai

c) A kidolgozott módszert és modellt a tározók optimális leeresztésével kapcsolatos feladatokban (optimális tározó-leengedési stratégia az eltelt idő minimalizálása és a leeresztett víz a mederben adott vízszint/vízhozam-tartományban tartása a kiválasztott tározók esetében) eredményesen alkalmaztuk (3. ábra) (Szabó és Bódis 2006).



3. ábra Optimális tározó-leengedési stratégia (megengedett vízhozamok, javasolt ütemezés és fenékleeresztő-átmérők a három vizsgált tározó esetén)

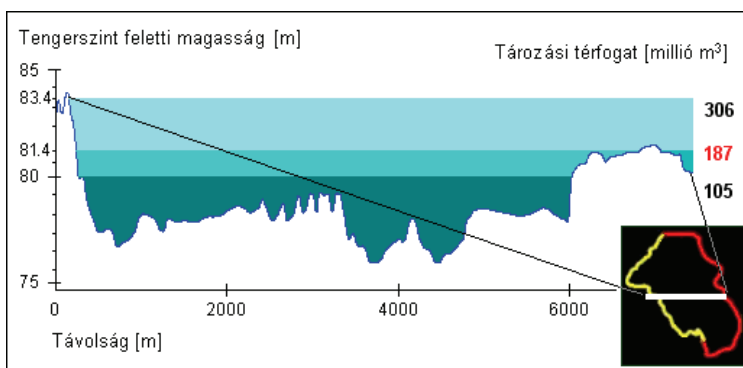
d) Az egész vízgyűjtőt érintő, idősorok statisztikai kiértékelésével kapott, feltételezett csapadékmennyiség és annak térbeli eloszlásának figyelembe vételével el tudtuk végezni a tervezett felső-tiszai tározórendszer első hatáselemzéseit (Szabó, Bódis, Tóth, Jakus 2008).

e) Az elvégzett szimulációk nem mutatják a felső-tiszai tározórendszer létesítésétől várt hatékonyságot az árhullámok mértékének csökkentésében (mindössze 8 % csökkenést tapasztaltunk a csúcs-vízhozamban), ugyanakkor azokra a vizsgálatokra, amelyek a felső-tiszai völgyzárógátas rendszer és a tervezett ukrán síkvidéki tározók együttes árvízcsökkentő és vízviisszatartó hatását elemzik, még szükség van (Szabó, Bódis, Tóth, Jakus 2008).

4.2 Nagyfelbontású digitális domborzatmodellek alkalmazása síkvidéki tározók létesítésének tervezésében

a) Az Új Vásárhelyi-terv koncepciótervében publikált számszerű és térképi információk valószerűségének kérdésével domborzatmodellezési tanulmányba kezdtünk, amely során a – tervekben szegedi tározó néven kijelölt alföldi – mintaterületet lefedő, topográfiai térképek alapján elkészítettük a térség nagyfelbontású digitális domborzat- és felületmodelljét (Bódis, Szatmári, Szakál, Vízhányó 2003).

b) A modellszámítások alapján megállapítottuk, hogy a nyilvános tervekben szereplő számértékeket nem publikált és feltételezhetően elnagyolt módszerekkel határozták meg. A domborzatmodellezés eredményeként ellentmondást találtunk a tervezett és a számítható értékekben (4. ábra) (Bódis 2007).



4. ábra A különböző tározási térfogatokhoz tartozó becsült tározási kapacitások. A tervezett 187 Mm^3 eléréséhez kb. 81,4 m magas elöntési szintre van szükség. A jobb alsó sarokban látható átnézeti térképen a fehér vonal jelöli az ábrázolt keresztmetszet helyzetét

c) A domborzatmodellezés eredményeként további tervezési lépéseket kívánó, de legalábbis magyarázandó értékek találhatók a szükségeltározó kiürítésével kapcsolatos publikált térképi adatok (térfogat, sebesség, idő) vonatkozásában is.

d) Az ismertetett módszer alkalmazásával elvégezhető a kijelölt térszinek vízbefogadó-kapacitásának gyors, további adatokkal kiegészíthető, módosító körülményekkel megismételhető felmérése. Ezen műveletek nélkülözhetetlen szakmai háttérrel jelentenek hasonló beruházások tervezésében és a döntéshozatalban (Bódis 2007).

e) A vizsgálathoz elkészített domborzatmodell, az ismertetett módszer és az elemzések eredménye (Bódis 2007) hozzájárultak a tervezési adatok és dokumentációk frissítéséhez, és az Új Vásárhelyi-terv szakmai előkészítéséhez.

4.3 Domborzatmodellek alkalmazása az árvízi kockázati térképezésben

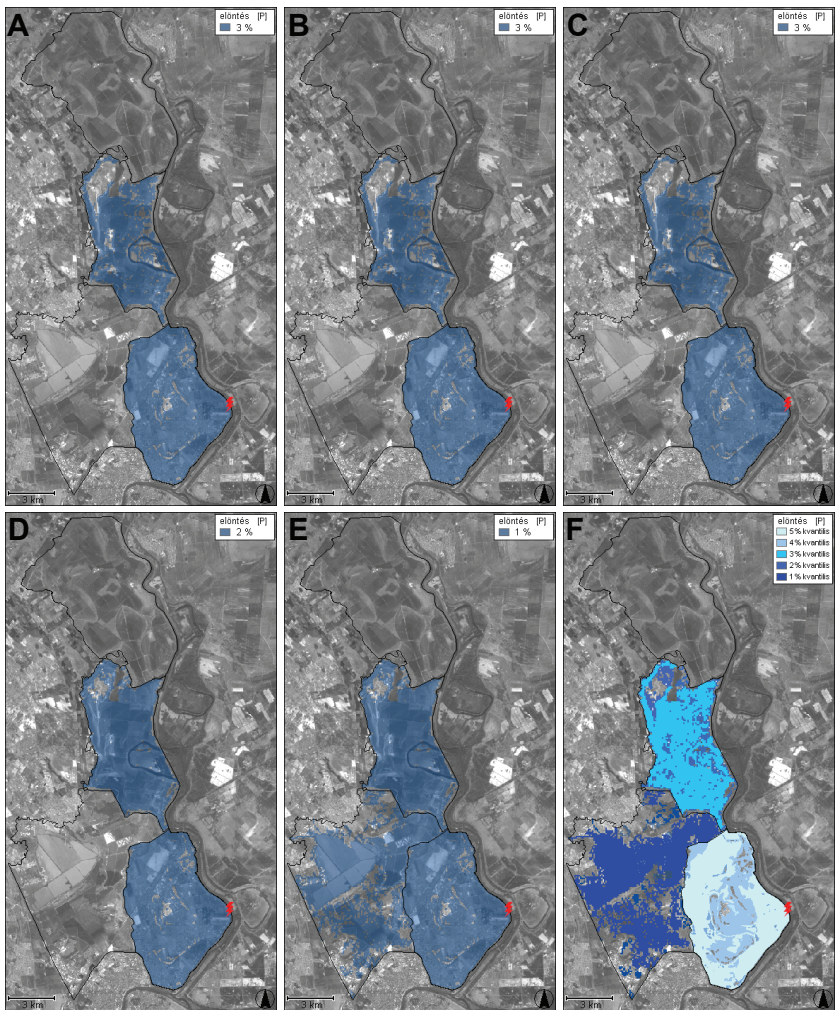
a) A kvantitatív kockázatelemzésben alkalmazott összefüggést figyelembe véve: *'kockázat' = 'bekövetkezési valószínűség' × 'a bekövetkezés következményei'*.

Az árvízi kockázati térképezéshez szükséges komponenseket a valószínűség esetében megadhatjuk az árhullámok gyakorisági eloszlásának becslésével. A következmények felmérésének egyik lehetséges módja az elöntési vízmélységek és területhasználati kategóriák alapján történő kárszámítási eljárás. Az értekezés ismerteti a komponensek előállításának kidolgozott módszereit (Szabó és Bódis 2006).

b) Hidraulikai modellezés, idősor-elemzések elvégzése és egyéb védelmi intézkedések hiányának feltételezése alapján meghatározható az áradó folyó gátáthágásának helyszíne, valamint modellezés eredményeként megkaptuk az áradás különböző valószínűségeihez tartozó időtartamokat és az adott valószínűségekhez tartozó kiömlő vízmennyiségeket (Szabó és Bódis 2006).

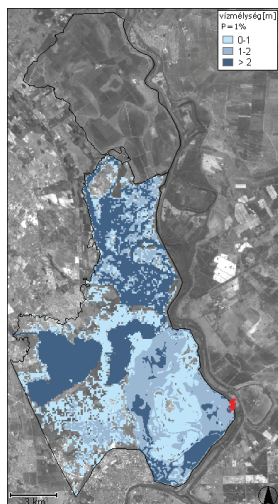
c) A kidolgozott elméleti módszer kivitelezhetőségének demonstrálása érdekében hipotetikus lokalizációs terveket készítettem a kiáramló vízmennyiség elhelyezkedésére a terep jellemzőit figyelembe véve. Az értekezésben ábrázolt blokkok és lokalizációs vonalak a módszer bemutatását segítő objektumok; a tervezett szegedi tározó lehatárolt területén kívül nem tartalmazzák a valós védelmi intézkedésekben szereplő elgondolásokat. Hasonló modellektől általában elvárható eredményeket azonban tartalmaz, amelyek további, az árvízvédelmi gyakorlatban járatos szakértők által javasolt bármely módosító információval kiegészíthetők (Bódis 2006).

d) Elkészítettem a különböző valószínűségekkel bekövetkező áradásokhoz tartozó lokalizációs térképeket (5. ábra) a domborzat és a modellben alkalmazott védelmi vonalak alkalmazásával (Bódis 2006).

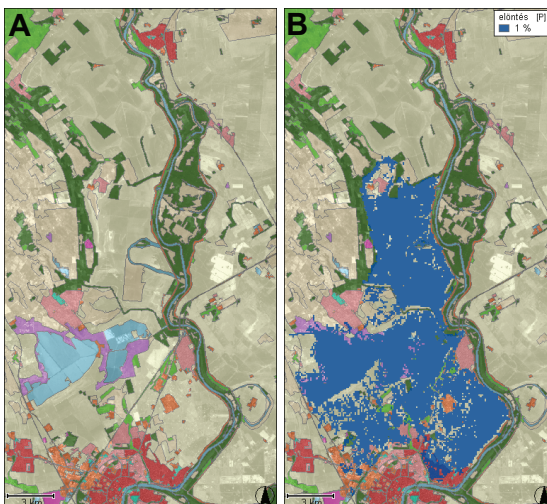


5. ábra Különböző valószínűségekkel bekövetkező áradásokhoz tartozó lokalizációs térképek a domborzat és a modellben alkalmazott védelmi vonalak alkalmazásával. A térképezés során az első lépésben a gát áthágási pontjával (piros jel) határos blokk feltöltését kezdtük meg, amely az 5 és 4 %-os valószínűségű átfolyó vízmennyiség (22 és 58 Mm³) teljes befogadására alkalmas az A és B ábrán térképezett térbeli eloszlásban. A kisebb valószínűségekkel érkező nagyobb víztömegek esetében (C, D, E ábrák) a további blokkok is elárasztás alá kerülnek. Az F ábra az egyes valószínűségek melletti vízmennyiség elhelyezhetőségét szemlélteti

e) Az árvízi károk becsléséhez és a relatív kárfüggvény meghatározhatóságához kiszámítottam az egyes elöntésekhez tartozó vízmélységeket (6. ábra) és az elöntött területek (vízmélységek) geoinformatikai rétegét átfedtem a területhasználat (művelési kategóriák) rétegével (7. ábra).



6. ábra Vízmélységek



7. ábra Területhasználat (A) és elöntések (B)

f) A kárfüggvény elkészítésének lépései során az esettanulmányban és a hasonló célú térképezési munkákban is széles körben alkalmazott, CORINE 2000 adatbázist használtam, amelyben észlelt tartalmi jellegzetességek rávilágítottak arra, hogy kárfüggvények alkalmazásához megfelelő részletességű, naprakész földhasználati adatbázisra van szükség, vagy olyan helyettesítő adatbázisra, amely a leginkább értékes, védendő objektum értékét jelöli. A felhasznált adatbázis ugyanis kiterjedt területen folytatott mezőgazdasági művelést jelöl ott, ahol az algyői olajmező létesítményei láthatók (Bódis 2006). A várható károkat pedig nem lehet a szántóföldeken általában várható szinten kezelni.

g) A példaterülethez legközelebbi, a szegedi szükségtározó esetében a CORINE földhasználati adatbázis alapján és a légifelvételek vizuális kiértékelése alapján is elsősorban mezőgazdasági művelésű területek (nem-öntözött szántóföldek) kerülnek víz alá, a teljes elárasztás idején több, mint 3 méteres mélységben. Ez az elárasztás, a legáltalánosabban elterjedt kárszámító módszer, a Multi Coloured Manual (MCM) kárbecslése alapján a dolgozatban ismertetett eljárás (elöntés, vízmélység, földhasználat, kárfüggvény) kárfaktorának alkalmazásával, az időtartamtól függetlenül a maximálisan bekövetkező kár értékével egyenlő.

4.4 Domborzatmodellek alkalmazása kontinentális kiterjedésű hidrológiai modellekben

- a) Globális domborzatmodellen végzett geoinformatikai műveletek sorozatának eredményeként elkészítettem a statikus, topográfiai tartalmú bemeneti rétegeket egy kontinentális hatókörű hidrológiai (csapadék-lefolyás) modell számára.
- b) A vizsgálatok során összehasonlítottam a nyilvános elérésű magassági adatokból (GTOPO30 és SRTM) származó, azonos tartalmú topográfiai adatokat. A hidrológiai modellezés szempontjából a két különböző forrású és léptékű domborzatmodellből származó értékek eltérése elsősorban nem a numerikus különbségekben érdekes (abban is jelentős), hanem a hidrológiai modell futtatásával kapott kimeneti értékekben bizonyult figyelemreméltónak.
- c) A létrehozott domborzati- és mederparaméterekre vonatkozó geoinformatikai rétegek az európai hidrológiai modell kalibrációs munkáját segítették.
- d) Az elkészített adatbázisok felhasználhatók a térséget lefedő árvízi kockázati térképezésben, illetve a klímamodellekkel szimulált klímaváltozás árvízi kockázatra való hatásának vizsgálatában.

5. Új kutatási eredmények

- A digitális domborzatmodellezésben a nemzetközi és hazai irodalom által gyakran alkalmazott modell-elnevezések és fogalmak összefoglalása;
- A digitális domborzatmodellek fajtáinak, forrásainak, előállításának, és a modellezési eljárásoknak, alkalmazható műveleteknek összefoglalása a legfrissebb irodalmi vonatkozások és saját kutatási tapasztalatok alapján;
- Különböző forrású magassági adatok tulajdonságainak összehasonlítása és alkalmazhatóságának, illetve korlátaiknak elemzése a további, hidrológiai- és környezeti modellezés szempontjából;
- A globális SRTM adatok esetén gyakorlati példán keresztül bemutattam az alkalmazás korlátait áradások veszélytérképeinek készítésében;
- Nagy területet lefedő domborzatmodellek geometriai transzformációja (pl. koordináta-rendszerek közötti áttérés) során elemeztem a kimeneti értékek eloszlásának mintázatában várható torzulásokat;
- A Velencei-hegység szintvonal alapú domborzatmodelljének elkészítése;
- A domborzatmodelleken végezhető leggyakoribb geometriai felületelemző függvények ismertetése, elvégzése és szemléltetése a Velencei-hegység nagyfelbontású domborzatmodellje alapján;
- A cella-alapú gyülekezési modellek egységes, összehasonlító leírása, kiemelve azok alkalmazásának előnyeit és hátrányait;
- A Tisza vízgyűjtőjén tervezett kárpát-ukrajnai árvízcsökkentő tározók többcélú, tudományos alapú, geoinformatikai rendszerének létrehozása;
- A kárpát-ukrajnai árvízcsökkentő tározók tározási görbéinek meghatározása azok árvízcsökkentő hatását elemző hidrológiai modellezés számára;
- A felső-tiszai tározórendszer első hatáselemzéseinek elvégzése;
- Az Új Vásárhelyi-terv koncepciótervében publikált számszerű és térképi információk ellentmondásosságának feltárása;
- Módszertani javaslat kidolgozása és tesztelése síkvidéki árvízcsökkentő tározók létesítésének tervezéséhez a szegedi tározó példáján;
- A hidrológiai-hidraulikai modellezés eredményeit, a földrajzi-topográfiai adottságokat és gazdasági-társadalmi jellemzőket összekapcsoló, komplex szemléletű módszer ismertetése árvízi veszélytérképek és kockázati térképek kidolgozásához, az árvízi kockázatkezelési tervek elkészítéséhez és nyilvánosságra hozásához;
- A CORINE 2000 adatbázis forrás-felbontásából adódó alkalmazhatósági hiányosságának kimutatása az árvízi kockázati térképek előkészítése során, a potenciális elárasztási vízmélységen és a területhasználaton alapuló kárfüggvény megállapításában;
- Globális magassági adatok elemzésével statikus, topográfiai tartalmú bemeneti rétegek előállításának módszertani kidolgozása és tesztelése egy kontinentális hatókörű hidrológiai (csapadék-lefolyás) modell példáján.

Az értekezés témakörében megjelent közlemények jegyzéke

a) Könyvfejezet

Mezősi, G., **Bódis, K.** (1999): Statistical Evaluation of Landscape Units, *In: Kovar, P. (Editor), 1999, Nature and culture in landscape ecology. Karolium, Prague, pp. 170-183.*

Bódis, K. (2007): High-Resolution DEM for Design of Flood Emergency Reservoirs, *In: Peckham, R., Jordan, Gy. (Eds.), 2007, Digital elevation modelling. Development and applications in a policy support environment. pp. 203-226. Springer Verlag, Berlin, ISBN: 978-3-540-36730*

Feyen, L., Dankers, R., **Bódis, K.**, Barredo, J.I., Salamon, P. (2008): Climate warming and future flood risk in Europe, *Special Issue in Climatic Change (in print)*

b) Cikk

Bódis, K., Csuták, M. (2001): Using digital elevation model in geomorphology the case of the Velence Hills, *Acta Geographica, Tomus XXXVII, Szeged (Hungaria), pp. 1-10.*

Bódis, K., Szatmári, J. (2005a): Geoinformatikai döntéstámogatás síkvidéki tározók tervezéséhez, (Decision support for planning of lowland reservoirs using GIS), *Térinformatika - Hungarian GIS, 2005/5, pp 12-13.*

c) Értekezés

Bódis, K. (1998): Geoinformatikai elemzések a Majsai-homokháton (Geoinformatics analysis on Majsá sandridge), *Diploma thesis, Szeged p. 31.*

Bódis, K. (1999): Geometriai transzformációk, transzformációs egyenletek és alkalmazásuk a geoinformatikában (Applications of geometrical transformations in GIScience), *Diploma thesis, Szeged p. 52.*

d) Nemzetközi konferencia kiadványában megjelent közlemény

Szabó, J.A., **Bódis, K.**, Tóth, S., Jakus, Gy. (2008): Impact assessment study of planned flood retention reservoirs in the Upper Tisza Basin, *In: Proceedings of FLOOD 2008, 4th International Symposium on Flood Defence, Managing Flood Risk, Reliability & Vulnerability, pp.97-1-8, 6-8 May 2008, Toronto, Canada*

e) Hazai konferencia kiadványában megjelent közlemény

Bódis K., Szatmári J. (2005b): Geoinformatikai döntéstámogatás síkvidéki tározók tervezéséhez (Decision support for planning of lowland reservoirs using GIS). *Geospatial Information & Technology Association (GITA) Conference, 12-13 May 2005, Szeged, Hungary, Proceedings pp. 103-108., Szeged*

f) Tudományos szakmai ülés keretében elhangzott előadás

Bódis, K., Szatmári, J. Szakál, Sz. E., Vízhányó J. (2003): Geoinformatikai döntéstámogatás síkvidéki tározók tervezéséhez, (Decision support for planning of lowland reservoirs using GIS), *VIII. Geomatematikai Ankét - 8th Congress of Hungarian Geomatematics*, 5-6 May 2003, Szeged, Hungary

Bódis, K. (2006): Inundation study on Lower-Tisza, (*Seminar, JRC IES LMNH 25/10/2006*), *Scientific presentation at the European Commission, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability, Weather-Driven Natural Hazards Action*). Ispra, Italy.

Szabó, J.A., **Bódis, K.** (2006): Drastic environmental interventions to mitigate floods in the Tisza Basin: Methodological study of flood risk mapping, (*Seminar, JRC IES LMNH 25/10/2006*), *Scientific presentation at the European Commission, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability, Weather-Driven Natural Hazards Action*). Ispra, Italy.

Szabó J.A., **Bódis K.**, Kovács S., Tóth S. (2008): A Felső-Tisza vízgyűjtőjére tervezett árcsökkentő tározók modellszámításokon alapuló hatáselemzése, *Magyar Hidrológiai Társaság, Árvízvédelmi és Belvízvédelmi Szakosztály előadói ülése*, 2008. szeptember 8.

g) Tudományos és technikai riport

Barredo, J.I., Salamon, P., **Bódis, K.** (2008a): Towards an assessment of coastal flood damage potential in Europe, *European Commission, Directorate-General Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability, Ispra, Italy*, p. 16. EUR 23698 EN

Feyen, L., Dankers, R., Barredo, J.I., Kalas, M., **Bódis, K.**, de Roo, A., Lavelle, C. (2006): PESETA, Projections of economic impacts of climate change in sectors of Europe based on bottom-up analysis, Flood risk in Europe in a changing climate, *European Commission, Directorate-General Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability, Ispra, Italy*, p. 20. EUR 22313 EN

Gierk, M., **Bódis, K.**, Younis, J., Szabo J., de Roo, A. (2008): The impact of retention polders, dyke-shifts and reservoirs on discharge in the Elbe river, Hydrological modelling study in the framework of the Action Plan for the Flood Protection in the Elbe River Basin of the International Commission for the Protection of the Elbe River (ICPER), *European Commission, Directorate-General Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability, Ispra, Italy*, p. 110. EUR 23699 EN

h) Térkép

Barredo, J.I., Salamon, P., Feyen, L., Dankers, R., **Bódis, K.**, De Roo, A. (2008b): Flood damage potential in Europe. *Catalogue number: LB-30-08-670-EN-C, JRC - European Commission, Institute for Environment and Sustainability, Map, Ispra*, pp. 2.

A tézisekben hivatkozott irodalom jegyzéke

Bates, P.D., Lane, S.N. (Eds.) (2000): High Resolution Flow Modelling in Hydrology and Geomorphology, John Wiley & Sons, 2000.p. 374.

Beven, K.J. (2001): Rainfall-Runoff Modelling: The Primer, John Wiley & Sons Inc p. 372 ISBN: 0-471-98533-8, Chapter 3 Data for Rainfall-Runoff Modelling

Beven, K. J., Moore, I. D. (Eds.) (1995): Terrain analysis and distributed modelling in hydrology (Advances in Hydrological Processes), John Wiley & Sons, p. 249.

Burrough, P. A. (1986): Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment (Monographs on Soil Resources Survey), Oxford University Press, New York, p. 193.

Burrough, P. A., McDonnell, R. A. (1998): Principles of Geographical Information Systems (Spatial Information Systems), Oxford University Press, New York, p. 333.

Goodchild, M. F., Kemp, K. K. (Eds.) (1990): NCGIA Core Curriculum in GIS. National Center for Geographic Information and Analysis, University of California, Santa Barbara CA.

Goodchild, M.F., Steyaert, L.T., Parks, B.O., Johnston, C., Maidment, D.R., Crane, M., Glendinning, S. (Eds.) (1996): GIS and Environmental Modeling: Progress and Research Issues, GIS World Books, ISBN 1-882610-11-3, p. 486.

Grayson, R., Blöschl (Eds.) (2000): Spatial patterns in Catchment Hydrology: Observations and modelling, Cambridge University Press, 2000 ISBN 0-521-63316-8

Hengl, T., Reuter, H. I. (Eds.) (2007): Geomorphometry - Concepts, Software, Applications, ISBN: 9780123743459, p. 765.

Hutchinson, M. F., Gallant, J. C. (1999): Representation of terrain. In: Longley, P. A., Goodchild, M.F., Maguire, D.J., Rhind, D.W. (Eds.), 1999, Geographical Information Systems: Principles and Technical Issues. Wiley, New York, pp. 105-124.

Jordán, Gy. (2007): Digital Terrain Analysis in a GIS environment, In: Peckham, R., Jordan, Gy. (Eds.), 2007, Digital elevation modelling. Development and applications in a policy support environment. pp. 1-43. Springer Verlag, Berlin, ISBN: 978-3-540-36730

Kertész Á. (1991): Természetföldrajzi modellezés, A digitális domborzatmodellezés, In: Mezősi Gábor (szerk.), 1991, A mikroszámítógépes módszerek használata a természetföldrajzban. JATE jegyzet, Szeged, p. 392.

Longley, P.A., Goodchild, M. F., Maguire, D.J., Rhind, D.W. (Eds.) (1999): Geographical Information Systems, Volume I. Principles and Technical Issues, Volume II. Management Issues and Applications, 2nd edition, Wiley, New York

Maune, D.F. (Editor) (2007): Digital Elevation Model Technologies and Applications: The DEM Users Manual, (2nd Edition), Asprs Pubns, p. 620, ISBN 1-57083-082-7

Moore, I. D., Grayson, R. B. and Ladson, A. R. (1991): Digital terrain modelling: A review of hydrological, geomorphological, and biological applications, *Hydrological Processes*, Volume 5 Issue 1, pp. 3 - 30. és In: Beven, K. J., Moore, I. D. (Eds.), 1995, *Terrain analysis and distributed modelling in hydrology (Advances in Hydrological Processes)*, John Wiley & Sons, pp. 7-34.

Peckham, R., Jordan, Gy. (Eds.) (2007): *Digital elevation modelling. Development and applications in a policy support environment*. Springer Verlag, Berlin, ISBN: 978-3-540-36730, p. 313.

Tóth, G., Debreczeni, K., Gaál, Z., Hermann, T., Makó, A., Máté, F., Vass, J., Várallyay, Gy. (2004): Land use planning decision support based on land evaluation and Web-GIS modeling: an integrated approach in Hungary. In: Kertész et al. (Eds.) 4th International Congress of the European society for Soil Conservation (ESSC) 25-29 May 2004, Budapest, Hungary. *Proceedings Volume*, Hungarian Academy of Sciences, pp. 21-24.

Wilson, J. P., Gallant, J. C. (Eds.) (2000): *Terrain Analysis: Principles and Applications*, Wiley, New York, p. 479.